

## Steering control apparatus for power steering system of vehicle

**Patent number:** DE19920450

**Publication date:** 1999-12-23

**Inventor:** YAMAMOTO TAKASHI [JP]; KOJO TAKAHIRO [JP]

**Applicant:** TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]

**Classification:**

- **international:** B62D5/04

- **european:** B62D5/04; B62D6/00

**Application number:** DE19991020450 19990504

**Priority number(s):** JP19980135540 19980518

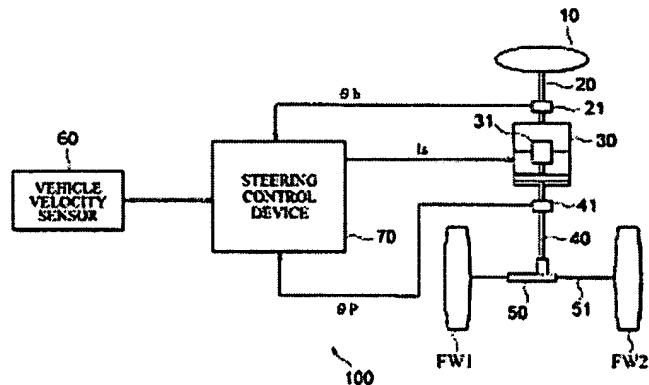
**Also published as:**

US6219603 (B1)

JP11321684 (A)

### Abstract of DE19920450

A first control unit regulates the torque generated by an actuator based on a control error determined between a target steering angle and the steering angles detected by the steering angle detectors. A second control unit regulates the size of the generated torque when a holding condition is not detected. Separate steering angle detectors detect the steering angle of a steering wheel (10) and a wheel. A target steering angle setting unit sets up the target steering angle of the wheel based on a set-up transmittance ratio and depending on the running condition of the vehicle.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 199 20 450 A 1

⑤ Int. Cl. 6:  
B 62 D 5/04

⑯ Aktenzeichen: 199 20 450.0  
⑯ Anmeldetag: 4. 5. 99  
⑯ Offenlegungstag: 23. 12. 99

⑯ Unionspriorität:  
135540/98 18. 05. 98 JP

⑯ Anmelder:  
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

⑯ Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

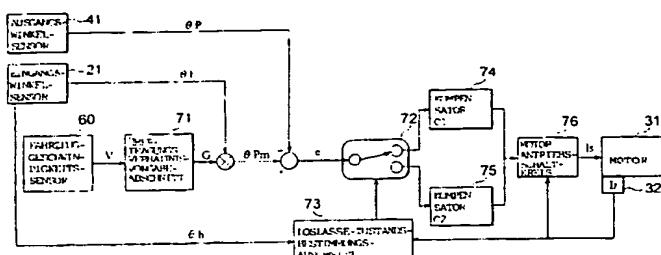
⑯ Erfinder:  
Yamamoto, Takashi, Toyota, Aichi, JP; Kojo,  
Takahiro, Toyota, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug

⑯ Ein Loslasse Zustandserfassungsabschnitt (73) schätzt das durch einen Fahrer auf ein Lenkrad aufgebrachte Drehmoment ( $T_h$ ) ab. Wenn das Lenkrad in dem losgelassenen Zustand ist, in welchem das Drehmoment klein ist, wird ein Umschalten auf die Seite eines Kompensators (75) mit eingestellten kleineren Verstärkungen ausgeführt, um ein Lenkungsregelungssystem zu stabilisieren.



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug, das mit einem Übertragungsverhältnisänderungsmechanismus zur Veränderung eines Übertragungsverhältnisses zwischen einem Lenkwinkel eines Lenkrads und einem Drehwinkel oder Einschlagwinkel von Rädern durch eine Antriebskraft eines Aktuators versehen ist.

Es sind Lenkungsregelungsvorrichtungen für Fahrzeuge, die mit dem Übertragungsverhältnisänderungsmechanismus, der das Übertragungsverhältnis zwischen dem Lenkwinkel des Lenkrads und dem Drehwinkel der Räder verändern kann, bekannt. Beispielsweise beschreibt die japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. Sho 63-227472 einen Mechanismus, der das Übertragungsverhältnis durch einen solchen Aufbau verändern kann, in welchem ein vorgegebener Zahnradmechanismus eine mit der Lenkradseite verbundene Eingabewelle mit einer mit der Spurstangenseite verbundenen Ausgabewelle verbindet, wobei dieser Zahnradmechanismus von einem Motor als einem Aktuator angetrieben wird, um das Übertragungsverhältnis von Drehungen zwischen der Eingabewelle und der Ausgabewelle zu verändern. In diesem Fall wird eine Drehwinkelstellung des Motors erfaßt und in einer Rückkopplungsregelung verwendet, wobei eine Regelung der Drehwinkelstellung des Motors ausgeführt wird, um die Drehwinkelstellung des Motors mit einer Solldrehwinkelstellung in Einklang zu bringen.

Um die Regelung der Drehwinkelstellung des Motors wie oben beschrieben auszuführen, ist es üblich, eine hohe Regelungsverstärkung zu wählen, um die Genauigkeit der Stellungsregelung zu verbessern. In einem freihändigen Zustand, in welchem der Fahrer das Lenkrad losgelassen hat, nimmt jedoch die Lenkradseite die Reaktion der durch den Motor des Übertragungsverhältnisänderungsmechanismus erzeugten Antriebskraft nicht auf; in diesem Zustand wird das Rückkopplungsregelungssystem instabil und das Lenkrad kann in bestimmten Fällen in der Umfangsrichtung vibrieren.

Die vorliegende Erfindung wurde gemacht, um dieses Problem zu lösen und es ist eine Aufgabe davon, eine Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug zu schaffen, die die Vibrationen in Umfangsrichtung des Lenkrads angemessen unterdrücken kann, auch in dem freihändigen Zustand, in welchem der Fahrer die Hände von dem Lenkrad gelöst hat.

Eine Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug ist eine Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Übertragungsverhältnisänderungsmechanismus zur Veränderung eines Übertragungsverhältnisses zwischen einem Lenkwinkel eines Lenkrads und einem Drehwinkel eines Rads durch die Antriebskraft eines Aktuators, wobei die Lenkungsregelungsvorrichtung aufweist: eine Lenkwinkel erfassungseinrichtung zur Erfassung des Lenkwinkels des Lenkrads; eine Drehwinkel erfassungseinrichtung zur Erfassung des Drehwinkels des Rads; eine Solldrehwinkelvorgabe einrichtung zur Vorgabe eines Solldrehwinkels des Rads entsprechend dem Lenkwinkel auf der Basis eines Übertragungsverhältnisses, das entsprechend einem Fahrzustand eines Fahrzeugs vorgegeben ist; einer ersten Regelungseinrichtung zur Regelung eines durch den Aktuator produzierten Drehmoments entsprechend einer Abweichung zwischen dem Solldrehwinkel und dem durch die Drehwinkel erfassungseinrichtung erfaßten Drehwinkel; und eine zweite Regelungseinrichtung zur Regelung der Größe des durch den Aktuator erzeugten Drehmoments bezüglich der Abweichung auf einen kleineren Wert als durch die erste Regelungseinrichtung, wenn bestimmt wird, daß das Lenkrad in einem losgelassenen Zustand ist.

In dem normalen Lenkungszustand, in welchem der Fahrer das Lenkrad fest ergreift, wird das durch den Aktuator erzeugte Drehmoment entsprechend der Abweichung unter Regelung der ersten Regelungseinrichtung geregelt, woraufhin die Stellungsregelung des Aktuators mit hoher Genauigkeit ausgeführt wird, indem beispielsweise eine hohe Regelungsverstärkung vorgegeben wird.

- 10 Andernfalls regelt, in dem losgelassenen Zustand, in welchem der Fahrer das Lenkrad losgelassen hat oder die auf das Lenkrad aufgebrachte Kraft zu gering ist, um die Vibrationen in Umfangsrichtung des Steuerrads aufzufangen, die zweite Regelungseinrichtung die Größe des durch den Aktuator gegen die Abweichung erzeugten Drehmoments auf einen kleineren Wert als der durch die erste Regelungseinrichtung, wodurch die Vibrationen in Umfangsrichtung des Lenkrads in dem losgelassenen Zustand unterdrückt werden.
- 15 Bei der Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug ist die zweite Regelungseinrichtung ausgelegt, eine durch einen Fahrer auf das Lenkrad ausgeübte Kraft abzuschätzen, auf der Basis des durch den Aktuator erzeugten Drehmoments und des Lenkwinkels, und ist ausgelegt, zu bestimmen, ob das Lenkrad im losgelassenen Zustand ist, auf der Basis der Größe der so abgeschätzten Kraft.
- 20 Diese Konfiguration gestattet eine Abschätzung der durch den Fahrer auf das Lenkrad aufgebrachten Kraft aus einer Beziehung zwischen dem durch den Aktuator produzierten Drehmoment und dem Lenkwinkel des Lenkrads, das die Reaktion dieses erzeugten Drehmoments auffängt. Die zweite Regelungseinrichtung bestimmt, daß das Lenkrad im losgelassenen Zustand ist, in welchem das Lenkrad in der Umfangsrichtung vibrieren kann, beispielsweise wenn die so abgeschätzte Kraft kleiner ist als ein vorbestimmtes Bestimmungskriterium.

Die vorliegenden Erfindung wird aus der nachfolgenden genauen Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen deutlicher, welche lediglich zur Illustration dienen und somit nicht als die vorliegende Erfindung beschränkt zu verstehen sind.

Weitere Anwendungsbereiche der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden genauen Beschreibung ersichtlich. Es ist jedoch anzumerken, daß die genaue Beschreibung und die speziellen Beispiele, die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung aufzeigen, lediglich der Illustration dienen, weil sich verschiedene Veränderungen und Modifikationen innerhalb des Bereichs und Gedankens der Erfindung für den Fachmann aus dieser genauen Beschreibung ergeben.

**Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das schematisch den Aufbau der Lenkungsvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel zeigt.

**Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, das den Aufbau der Lenkungsregelungsvorrichtung in **Fig. 1** zeigt.

**Fig. 3** ist ein Blockdiagramm, das den Aufbau des Kom pensators zeigt, der im Fall des nicht losgelassenen Zustands verwendet wird.

**Fig. 4** ist ein Blockdiagramm, das die Struktur des Kom pensators zeigt, der im Fall des losgelassenen Zustands verwendet wird.

**Fig. 5** ist ein Blockdiagramm, das schematisch den Aufbau der Lenkungsvorrichtung gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel zeigt;

**Fig. 6** ist ein Blockdiagramm, das den Aufbau der Lenkungsregelungsvorrichtung in **Fig. 5** zeigt.

**Fig. 7** ist ein Blockdiagramm, das den Aufbau einer anderen Lenkungsregelungsvorrichtung zeigt.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 zeigt den Aufbau einer Lenkungsvorrichtung 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Eine Eingabewelle 20 ist über einen Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus 30 mit einer Ausgabewelle 40 verbunden und ein Lenkrad (Lenkstange) 10 ist mit der Eingabewelle 20 verbunden. Die Ausgabewelle 40 ist über ein Zahnradsystem 50 vom Ritzel-Zahnstangentyp mit einer Zahnstange 51 verbunden und Räder FW1, FW2 sind mit den beiden Enden der Zahnstange 51 verbunden.

Die Eingabewelle 20 ist mit einem Eingabewinkelsensor 21 zur Erfassung eines Lenkwinkels des Lenkrads 10 versehen und die Ausgabewelle 40 ist mit einem Ausgabewinkelsensor 41 zur Erfassung eines Drehwinkels der Ausgabewelle 40 versehen. Der Drehwinkel der Ausgabewelle 40 entspricht einer Hubstellung der Zahnstange 51 und die Hubstellung der Zahnstange 51 entspricht einem Drehwinkel der Räder FW1, FW2. Somit wird der Drehwinkel oder Schwenkwinkel der Räder FW1, FW2 durch Erfassen des Drehwinkels der Ausgabewelle 40 durch den Ausgabewinkelsensor 41 erfaßt.

Der Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus 30 ist mit einem Zahnradmechanismus versehen, um die Eingabewelle 20 mit der Ausgabewelle 40 zu verbinden, und dient zur Veränderung eines Übertragungsverhältnisses zwischen dem Lenkwinkel des Lenkrads 10 und dem Schwenkwinkel der Räder FW1, FW2, indem der Zahnradmechanismus durch einen Motor 31 (beispielsweise ein Gleichstrommotor, als ein Aktuator angetrieben wird. Ein Stromsensor 32 ist vorgesehen, um einen Laststrom Ir zu erfassen, der in dem Motor 31 fließt.

Die Regelung des Antriebs des Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus wird durch eine Lenkungsregelungsvorrichtung 70 ausgeführt, welche eine Regelung des Antriebs des Motors 31 ausführt, auf der Basis von Erfassungssignalen von dem Eingabewinkelsensor 21, der für die Eingabewelle 20 vorgesehen ist, von dem Ausgabewinkelsensor 41, der für die Ausgabewelle 40 vorgesehen ist, und von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 60 zur Erfassung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

Fig. 2 zeigt den Aufbau der Lenkungsregelungsvorrichtung 70.

Die Lenkungsregelungsvorrichtung 70 besteht hauptsächlich aus einem Übertragungsverhältnisvorgabeabschnitt 71, einem Schaltabschnitt 72, einem Loslasse-Zustandbestimmungsabschnitt 73, Kompensatoren 74, 75 und einem Motorantriebsschaltkreis 76.

Der Übertragungsverhältnisvorgabeabschnitt 71 umfaßt ein zweidimensionales Kennfeld zur Bestimmung der Beziehung zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit V und dem Übertragungsverhältnis G, wobei das Übertragungsverhältnis G entsprechend der Geschwindigkeit V durch Durchsuchen des Kennfelds auf der Basis eines Werts für die Geschwindigkeit V, der durch den Geschwindigkeitssensor 60 erfaßt ist, vorgegeben wird.

Ein Ausgabewinkelsollwert  $\theta_{pm}$ , welcher ein Solldrehwert der Ausgangswelle 40 ist, wird durch Berechnung von  $\theta_{pm} = G \cdot \theta_h$  vorgegeben, auf der Basis des Übertragungsverhältnisses G, das in dem Übertragungsverhältnisvorgabeabschnitt 71 eingestellt ist, und dem Eingangswinkel  $\theta_h$ , der durch den Eingangswinkelsensor 21 erfaßt ist. Dann empfängt der Schaltabschnitt 72 eine Eingabe einer Abweichung e zwischen dem Ausgabewinkelsollwert  $\theta_{pm}$ , der so vorgegeben ist, und dem Ausgangswinkel  $\theta_p$ , der durch den Ausgabewinkelsensor 41 erfaßt ist.

Der Schaltabschnitt 72 dient zum Schalten einer Richtung

der empfangenen Abweichung e zwischen den Kompensatoren 74, 75 auf der Basis eines Bestimmungsergebnisses des Loslasse-Zustandserfassungsabschnitts 73. Ein Bestimmungsvorgang des Loslasse-Zustandserfassungsabschnitts 73 wird nachfolgend beschrieben.

Der Aufbau des Kompensators 74 ist in Fig. 3 gezeigt und der Aufbau des Kompensators 75 ist in Fig. 4 gezeigt.

Jeder der Kompensatoren 74, 75 ist mit einem Proportionalverstärker 74a, 75a, einem Differenzierglied 74b, 75b, einem Differenzialverstärker 74c, 75c, einem Integrator 74d, 75d sowie einem Integrationsverstärker 74e, 75e versehen und ein Sollstromwert Im, der dem Motor 31 zugeführt wird, wird auf der Basis der nachfolgenden Gleichung (1) in dem Kompensator 74 oder auf der Basis der nachfolgenden Gleichung (2) in dem Kompensator 75 bestimmt.

$$Im = G_{P1} \cdot e + G_{D1} \cdot (de/dt) + G_{I1} \cdot \int edt \quad (1)$$

$$Im = G_{P2} \cdot e + G_{D2} \cdot (de/dt) + G_{I2} \cdot \int edt \quad (2)$$

In Gleichungen (1) und (2) sind  $G_{P1}$ ,  $G_{P2}$  die Proportionalverstärkungen,  $G_{D1}$ ,  $G_{D2}$  die Differenzialverstärkungen und  $G_{I1}$ ,  $G_{I2}$  sind die Integrationsverstärkungen, wobei die Werte der jeweiligen Verstärkungen folgendermaßen vorgegeben sind:  $G_{P1} > G_{P2}$ ,  $G_{D1} > G_{D2}$  und  $G_{I1} > G_{I2}$ . In dem Kompensator 74 sind die Proportionalverstärkung, Differenzialverstärkung und Integrationsverstärkung groß gewählt, um die Winkelstellungsregelung des Motors 31 mit hoher Genauigkeit auszuführen, während die Proportionalverstärkung, die Differenzialverstärkung und die Integralverstärkung in dem Kompensator 75 kleiner gewählt sind, als in dem Kompensator 74.

Der Sollstromwert Im, der von dem Kompensator 74 oder von dem Kompensator 75 ausgegeben wird, wird dem Motorantriebsschaltkreis 76 zugeführt. Der Motorantriebsschaltkreis 76 führt die Regelung des Antriebs des Motors aus, indem dem Motor 31 ein solches Steuersignal Is zugeführt wird, daß der durch den Stromsensor 32 erfaßte Laststrom Ir sich dem Sollstromwert Im nähert.

Nun wird der Bestimmungsvorgang erläutert, der in dem Loslasse-Zustandsbestimmungsabschnitt 73 ausgeführt wird. Der Loslasse-Zustandsbestimmungsabschnitt 73 schätzt zunächst die Größe oder Größenordnung des durch den Fahrer (Bediener) auf das Lenkrad 10 aufgebrachte Drehmoments ab.

Es soll die Trägheit des Lenkrads 10 sein, Ch ein Wert sein, der durch Reduzieren der in der Drehrichtung auf die Eingabewelle 20 aufgebrachten Reibungskraft auf einen Viskositätskoeffizienten erhalten ist, Th das durch den Fahrer auf das Lenkrad 10 aufgebrachte Drehmoment sein, Ir der Laststrom des Motors 31 sein, Km eine Drehmomentkonstante des Motors 31 sein und Gm soll das Übertragungsverhältnis sein, das in dem Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus 30 vorgegeben ist. Dann kann eine Bewegungsgleichung in Drehrichtung des Lenkrads 10 durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$Ih \cdot (d^2\theta_h/dt^2) + Ch \cdot (d\theta_h/dt) = Th \cdot Km \cdot Gm \cdot Ir \quad (3)$$

Folglich kann das durch den Fahrer auf das Lenkrad aufgebrachte Drehmoment Th durch die folgende, aus der Gleichung (3) abgeleiteten Gleichung abgeschätzt werden.

$$Th = Ih \cdot (d^2\theta_h/dt^2) + Ch \cdot (d\theta_h/dt) + Km \cdot Gm \cdot Ir \quad (4)$$

Aus der Gleichung (4) in welcher die Trägheit Ih, der Viskositätskoeffizient Ch, die Drehmoment konstante Km und das Übertragungsverhältnis Gm bekannt oder durch innere Ver-

arbeitung eingestellt sind, kann das durch den Fahrer auf das Lenkrad **10** ausgeübte Drehmoment  $T_h$  abgeschätzt werden, indem der Eingangswinkel  $\theta_h$  des Lenkrads **10** und der Laststrom  $I_r$  des Motors **31** erfaßt wird. Auf diese Weise bestimmt der Loslasse-Zustandserfassungsabschnitt **73** die Größenordnung des Drehmoments  $T_h$  entsprechend Gleichung (4) auf der Basis des erfaßten Eingabewinkels  $\theta_h$  und des Laststroms  $I_r$ .

Dann wird die Größenordnung oder Größe des abgeschätzten Drehmoments  $T_h$  mit einem vorbestimmten Grenzwert  $\epsilon_1$  verglichen. Dieser Grenzwert  $\epsilon_1$  ist ein Wert, der zuvor als ein Wert für das Drehmoment  $T_h$  spezifiziert wurde, bei dem oder unterhalb dem die auf das Lenkrad **10** aufgebrachte Kraft zu gering ist, um die Vibration in Umfangsrichtung des Lenkrads **10** zu unterdrücken. Somit wird das geschätzte Drehmoment  $T_h$  mit dem vorbestimmten Grenzwert  $\epsilon_1$  verglichen; im Fall von  $|T_h| \leq \epsilon_1$  wird bestimmt, daß das Lenkrad in dem losgelassenen Zustand ist, gleich einem Zustand in welchem der Fahrer die Hände von dem Lenkrad **10** gelöst hat; und im Fall von  $|T_h| > \epsilon_1$  wird bestimmt, daß das Lenkrad im normalen Lenkzustand ist, in welchem der Fahrer das Lenkrad **10** fest ergreift.

Dieses Bestimmungsergebnis wird an den Schaltabschnitt **72** übergeben, denn der Loslasse-Zustandsbestimmungsabschnitt **73** bestimmt, daß das Lenkrad nicht in dem losgelassenen Zustand ist, wird der Ausgang auf die Seite des Kompensators **74** geschaltet, und wenn bestimmt wird, daß das Lenkrad im losgelassenen Zustand ist, wird der Ausgang auf die Seite des Kompensators **75** geschaltet.

Wenn das Lenkrad nicht in dem losgelassenen Zustand, sondern in dem normalen Lenkungszustand ist, kann die Regelung der Winkelstellung des Motors **31** mit hoher Genauigkeit unter Verwendung des Kompensators **74** mit den hohen Verstärkungen entsprechend ausgeführt werden. Andererseits wird in dem Fall des Loslasse-Zustands die Genauigkeit der Regelung der Winkelstellung des Motors **31** durch Verwendung des Kompensators **75** mit den geringeren Verstärkungen vermindert, wodurch das Lenkungssteuerungssystem daran gehindert wird, instabil zu werden, wodurch das Phänomen der Vibration des Lenkrads **10** in Umfangsrichtung passend unterdrückt werden kann.

Der Loslasse-Zustandsbestimmungsabschnitt **73** ist ausgelegt zu bestimmen, ob das Lenkrad im losgelassenen Zustand ist, auf der Basis der Größe des geschätzten Drehmoments  $|T_h|$ , es kann jedoch ein anderes Beispiel so ausgelegt werden, daß Bedingungen für die Bestimmung des Loslassezustands ferner eine Situation umfassen, in welcher eine Änderungsrate des Ausgabewinkels  $\dot{\theta}_h$ ,  $d\theta_h/dt$ , innerhalb eines vorbestimmten Bereichs um null ist (welches ein Zustand ist, in welchem im wesentlichen kein Lenken ausgeführt wird), eine Situation umfassen, in der die Fahrzeuggeschwindigkeiten  $V$  niedrig sind, etc. und daß die Bestimmung des Loslasse-Zustands gemacht wird, wenn all diese Bedingungen erfüllt sind.

Ein anderes Ausführungsbeispiel wird nachfolgend beschrieben.

Der Aufbau der Lenkungsvorrichtung **110** gemäß dem anderen Ausführungsbeispiel ist in Fig. 5 gezeigt. Diese Lenkungsvorrichtung **110** ist mit einem Drehmomentsensor **22** zur Erfassung einer in Verwindungsrichtung der Eingabewelle **20** aufgebrachten Kraft versehen, anstelle des in Fig. 1 gezeigten Stromsensors **32**. Das durch den Fahrer auf das Lenkrad **10** aufgebrachte Drehmoment  $T_h$  wird unter Verwendung eines Drehmomentsensorwerts  $T$  abgeschätzt, welcher ein Erfassungsergebnis des Drehmomentsensors **22** ist.

Folglich, wie in Fig. 6 gezeigt ist, empfängt der Loslasse-Zustandserfassungsabschnitt **73**, der die Lenkungsregel-

lungsvorrichtung **70** bildet, eine Zuführung des Eingabewinkels  $\theta_h$ , der durch den Eingabewinkelsensor **21** erfaßt ist, und des Drehmomentsensorwerts  $T$ , der durch den Drehmomentsensor **22** erfaßt ist.

Indem der durch den Drehmomentsensor **22** erfaßte Drehmomentsensorwert  $T$  anstelle des Laststroms  $I_r$  des Motors **31** verwendet wird, kann eine Bewegungsgleichung in der Drehrichtung des Lenkrads **10** durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$I_h \cdot (d^2\theta_h/dt^2) + C_h \cdot (d\theta_h/dt) = T - T_h \quad (5)$$

Somit kann das durch den Fahrer auf das Lenkrad **10** aufgebrachte Drehmoment  $T_h$  durch die folgende aus der Gleichung (5) abgeleiteten Gleichung abgeschätzt werden:

$$T_h = I_h \cdot (d^2\theta_h/dt^2) + C_h \cdot (d\theta_h/dt) + T \quad (6)$$

Aus der Gleichung (6), in welcher die Trägheit  $I_h$  und der

Viskositätskoeffizient  $C_h$  bekannt oder durch interne Verarbeitung vorgegeben sind, kann das durch den Fahrer auf das Lenkrad **10** aufgebrachte Drehmoment  $T_h$  abgeschätzt werden, indem der Eingabewinkel  $\theta_h$  des Lenkrads **10** und der Drehmomentsensorwert  $T$  als Erfassungsergebnis des Drehmomentsensors **22** erhalten werden. Auf diese Weise bestimmt der Loslasse-Zustandsbestimmungsabschnitt **73** die Größe oder Größenordnung des Drehmoments  $T_h$  entsprechend Gleichung (6) auf der Basis des erfaßten Eingabewinkels  $\theta_h$  und des erfaßten Drehmomentsensorwerts  $T$ .

Dann wird, auf die gleiche Weise wie in dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel, das geschätzte Drehmoment  $T_h$  mit dem vorbestimmten Grenzwert  $\epsilon_1$  verglichen; in dem Fall von  $|T_h| \leq \epsilon_1$  erfolgt die Bestimmung des Loslasse-Zustands entsprechend einer Situation, in der der Fahrer die Hände von dem Lenkrad **10** wegläßt; und in dem Fall  $|T_h| \geq \epsilon_1$  erfolgt die Bestimmung des normalen Lenkzustands, in welchem der Fahrer das Lenkrad **10** fest ergreift.

Der Schaltabschnitt **72** schaltet den Ausgang auf der Basis dieses Bestimmungsergebnisses auf entweder den Kompensator **74** oder den Kompensator **75**. Weil der Aufbau der Kompensatoren **74**, **75** und der Schaltbetrieb des Schaltabschnitts **72** die gleichen sind, wie jene in dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel, unterbleibt deren Beschreibung hier.

Wie zuvor beschrieben wurde, kann das durch den Fahrer auf das Lenkrad **10** aufgebrachte Drehmoment  $T_h$  ebenfalls unter Verwendung des Drehmomentssensorwerts  $T$ , der durch den Drehmomentsensor **22**, anstelle des Laststroms  $I_r$  des Motors **31** erfaßt wird, abgeschätzt werden.

In jedem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele wurden die Werte der jeweiligen Verstärkungen der Kompensatoren **74**, **75** als  $G_{P1} > G_{P2}$ ,  $G_{D1} > G_{D2}$ , und  $G_{J1} > G_{J2}$  dargestellt, jedoch ist die Erfindung keinesfalls auf diese Größenbeziehung beschränkt. Es gibt keine besonderen Einschränkungen der Größenbeziehung, solange die Größe des durch den Motor **31** bezüglich der Abweichung  $e$  erzeugten Drehmoments vermindert werden kann, indem von dem Kompensator **74** auf den Kompensator **75** umgeschaltet wird.

In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Vorrichtung zudem so aufgebaut werden, daß sie abrupte Änderungen der Verstärkungen vermeidet, indem die Werte der entsprechenden Verstärkungen im Fall des Umschaltens von dem Kompensator **74** auf den Kompensator **75** oder von dem Kompensator **75** auf den Kompensator **74** allmählich verändert werden.

Ferner wurde zuvor das Umschalten zwischen den Kompensatoren **74**, **75** durch den Schaltabschnitt **72** beispielhaft

verwendet, jedoch kann, ohne auf dieses Beispiel beschränkt zu sein, die Vorrichtung mit einer solchen Struktur aufgebaut sein, daß beispielsweise nur der Kompensator 74 vorgesehen ist, wie in Fig. 7 gezeigt ist, und daß der Ausgang des Kompensators 74 über einen Korrekturverarbeitungsabschnitt 77 dem Motorantriebsschaltkreis zugeführt wird. In diesem Fall korrigiert, wenn der Loslasse-Zustands erfassungsabschnitt 73 die Bestimmung des Loslasse-Zustands macht, der Korrekturverarbeitungsabschnitt 77 die Verstärkung des Sollstromwerts  $I_{\text{ini}}$ , der von dem Kompensator 74 herausgegeben wird, auf einen kleineren Wert und führt das Ergebnis den Motorantriebsschaltkreis 76 zu.

Wenn dieser Korrekturvorgang ausgeführt wird, kann die Korrekturmenge ebenfalls entsprechend der Größe des Drehmoments  $T_h$  verändert werden, beispielsweise so, daß die Verstärkung mit abnehmendem Drehmoment  $T_h$ , das durch den Loslasse-Zustands erfassungsabschnitt 73 abgeschätzt ist, stärker abnimmt.

Wie zuvor beschrieben wurde, enthält die Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug: (A) einen Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus 30, der den Drehwinkelbetrag einer Ausgabewelle 40 relativ zu dem Drehwinkelbetrag einer Eingabewelle 20, die mit einem Lenkrad 10 verbunden ist, verändern kann, wobei der Mechanismus 30 einen Aktuator 31 zum Antrieb des Mechanismus 30 hat; und (B) eine Lenkungsregelungseinrichtung 70, die das Übertragungsverhältnis  $G$  durch Antrieb des Aktuators 31 regelt, wobei die Einrichtung 70 das Drehmoment des Aktuators auf der Basis einer auf das Lenkrad 10 aufgebrachten Kraft  $F$  regelt. Die Kraft  $F$  ist auf der Basis des Stroms  $I_s$  bestimmt.

Die Einrichtung 70 setzt den zuzuführenden Drehmomentbetrag, wenn die Kraft  $F$  kleiner ist als ein vorbestimmter Wert, auf einen Betrag, der kleiner ist als der zugeführte Drehmomentbetrag, wenn die Kraft größer ist als der vorbestimmte Wert.

Die Einrichtung 70 bestimmt, daß das Lenkrad 10 nicht länger unter manueller Kontrolle ist (Loslassezustand), wenn die Kraft kleiner ist, als der vorbestimmte Wert.

Das vorbestimmte Übertragungsverhältnis wird unter Verwendung von Daten über den Fahrzeugbetriebszustand bestimmt.

Der Betriebszustand wird auf der Basis von Signalen von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 60 definiert.

Die Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus zur Veränderung eines Übertragungsverhältnisses zwischen einem Lenkwinkel eines Lenkrads und einem Schwenk- oder Drehwinkel eines Rads durch Antriebskraft eines Aktuators, wobei die Lenkungsregelungsvorrichtung aufweist: eine Lenkwinkelerfassungseinrichtung zur Erfassung des Lenkwinkels des Lenkrads; eine Drehwinkelerfassungseinrichtung zur Erfassung des Drehwinkels des Rads; eine Soll-drehwinkelvorgabeeinrichtung zur Vorgabe eines Solldrehwinkels des Rads entsprechend dem Lenkwinkel, auf der Basis eines Übertragungsverhältnisses, das entsprechend einem Fahrzustand eines Fahrzeugs vorgegeben ist; eine erste Regelungseinrichtung zur Regelung eines durch den Aktuator erzeugten Drehmoments entsprechend einer Abweichung zwischen dem Solldrehwinkel und dem durch die Drehwinkelerfassungseinrichtung erfaßten Drehwinkel; und eine zweite Regelungseinrichtung zur Regelung der Größe des durch den Aktuator produzierten Drehmoments bezüglich der Abweichung auf einen kleineren Wert als der durch die erste Regelungseinrichtung, wenn bestimmt wird, daß ein Fahrer oder Bediener die Hände von dem Lenkrad gelöst hat.

Die zweite Regelungseinrichtung ist ausgelegt, eine

durch einen Fahrer auf das Lenkrad ausgeübte Kraft abzuschätzen, auf der Basis des durch den Aktuator produzierten Drehmoments und des Lenkwinkels, und ist ausgelegt zu bestimmen, ob das Lenkrad in dem losgelassenen Zustand ist, auf der Basis der Größe der so abgeschätzten Kraft.

Wie zuvor genauer beschrieben wurde, übernimmt die Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug die Konfiguration mit der ersten Regelungseinrichtung zur Regelung des durch den Aktuator entsprechend der Abweichung erzeugten Drehmoments und der zweiten Regelungseinrichtung zur Regelung der Größe des durch den Aktuator mit Bezug zu der Abweichung erzeugten Drehmoments auf einen kleineren Wert als der der ersten Regelungseinrichtung, wenn die Bestimmung des Loslassezustands gemacht wird. Dadurch wird eine Regelung erreicht, mit der das durch den Aktuator erzeugte Drehmoment in der Situation des Loslassezustands kleiner gemacht wird, in welchem der Fahrer die Hände von dem Lenkrad gelöst hat, oder in welchem die auf das Lenkrad aufgebrachte Kraft zu klein ist, um die Vibration in Umfangsrichtung des Lenkrads aufzuhalten. Dies kann das Auftreten der Vibrationen in Umfangsrichtung des Lenkrads passend unterdrücken.

Aus der so beschriebenen Erfindung ist deutlich, daß die Erfindung auf verschiedene Arten variiert werden kann. Solche Variationen sind nicht als ein Lösen aus dem Gedanken und Bereich der Erfindung anzusehen und all jene Modifikationen, die für den Fachmann offensichtlich wären, sollen in den Bereich der nachfolgenden Ansprüche eingeschlossen sein.

Ein Loslasse-Zustands erfassungsabschnitt 73 schätzt das durch einen Fahrer auf ein Lenkrad aufgebrachte Drehmoment  $T_h$  ab. Wenn das Lenkrad in dem losgelassenen Zustand ist, in welchem das Drehmoment klein ist, wird ein Umschalten auf die Seite eines Kompensators 75 mit eingestellten kleineren Verstärkungen ausgeführt, um ein Lenkungsregelungssystem zu stabilisieren.

#### Patentansprüche

##### 1. Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug, mit:

(A) einem Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus (30), der den Drehwinkelbetrag einer Ausgabewelle (40) relativ zu dem Drehwinkelbetrag einer Eingabewelle (20), die mit einem Lenkrad (10) verbunden ist, verändern kann, wobei der Mechanismus (30) einen Aktuator (31) zum Antrieb des Mechanismus (30) hat; und  
(B) einer Lenkungsregelungseinrichtung (70), die das Übertragungsverhältnis durch Antrieb des Aktuators (31) regelt, wobei die Einrichtung das Drehmoment des Aktuators (31) auf der Basis einer auf das Lenkrad (10) aufgebrachten Kraft regelt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Einrichtung (70) den zuzuführenden Drehmomentbetrag bestimmt, wenn die Kraft ( $F$ ) kleiner ist als ein vorbestimmter Wert auf einem Betrag, der kleiner ist als der zugeführte Drehmomentbetrag, wenn die Kraft ( $F$ ) größer ist als der vorbestimmte Wert.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Einrichtung (70) bestimmt, daß das Lenkrad (10) nicht länger unter manueller Kontrolle ist, wenn die Kraft ( $F$ ) kleiner ist, als der vorbestimmte Wert.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das vorbestimmte Übertragungsverhältnis unter Verwendung von Daten über den Fahrzeugbetriebszustand bestimmt wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der Betriebszustand auf der Basis von Signalen von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor (60) definiert wird.

6. Lenkungsregelungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Übertragungsverhältnisveränderungsmechanismus (30) zur Veränderung eines Übertragungsverhältnisses zwischen einem Lenkwinkel eines Lenkrads (10) und einem Drehwinkel eines Rads (FW1, FW2) durch Antriebskraft eines Aktuators (31), wobei die Lenkungsregelungsvorrichtung aufweist:  
5  
eine Lenkwinkelerfassungseinrichtung (21) zur Erfassung des Lenkwinkels des Lenkrads (10);  
eine Drehwinkelerfassungseinrichtung (41) zur Erfassung des Drehwinkels des Rads (FW1, FW2);  
eine Solldrehwinkelvorgabeeinrichtung (71) zur Vorgabe eines Solldrehwinkels des Rads entsprechend dem Lenkwinkel, auf der Basis eines Übertragungsverhältnisses, das entsprechend einem Fahrzustand eines Fahrzeugs vorgegeben ist;  
eine erste Regelungseinrichtung (74) zur Regelung einer durch den Aktuator erzeugten Drehmoments entsprechend einer Abweichung zwischen dem Solldrehwinkel und dem durch die Drehwinkelerfassungseinrichtung erfassten Drehwinkel; und  
eine zweite Regelungseinrichtung (77) zur Regelung der Größe des durch den Aktuator produzierten Drehmoments bezüglich der Abweichung auf einen kleinen Wert als der durch die erste Regelungseinrichtung (74), wenn bestimmt wird, daß ein Fahrer oder Bediener die Hände von dem Lenkrad (10) gelöst hat.  
10  
7. Lenkungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die zweite Regelungseinrichtung (77, 73) ausgelegt ist, eine durch einen Fahrer auf das Lenkrad ausgeübte Kraft abzuschätzen, auf der Basis des durch den Aktuator produzierten Drehmoments und des Lenkwinkels, und die ausgelegt ist, zu bestimmen, ob das Lenkrad in dem losgelassenen Zustand auf der Basis der Größe der so abgeschätzten Kraft ist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

40

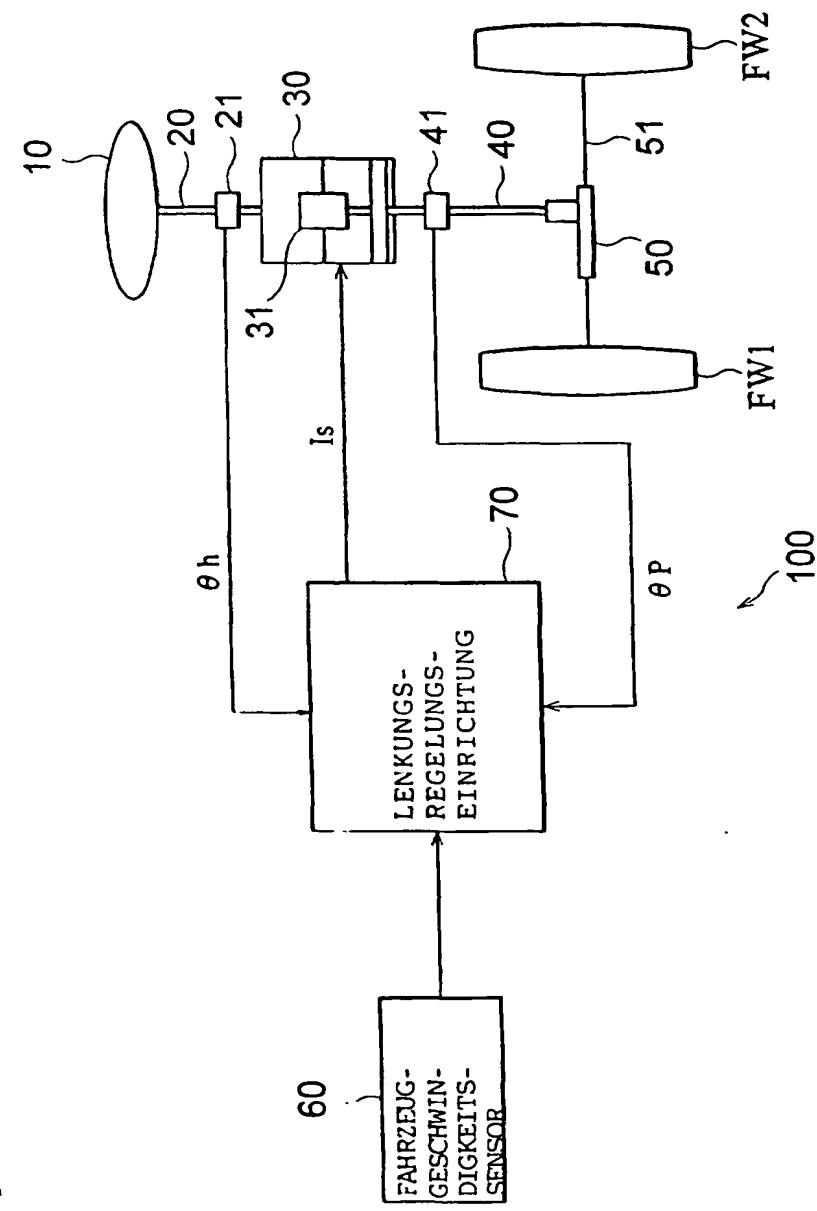
45

50

55

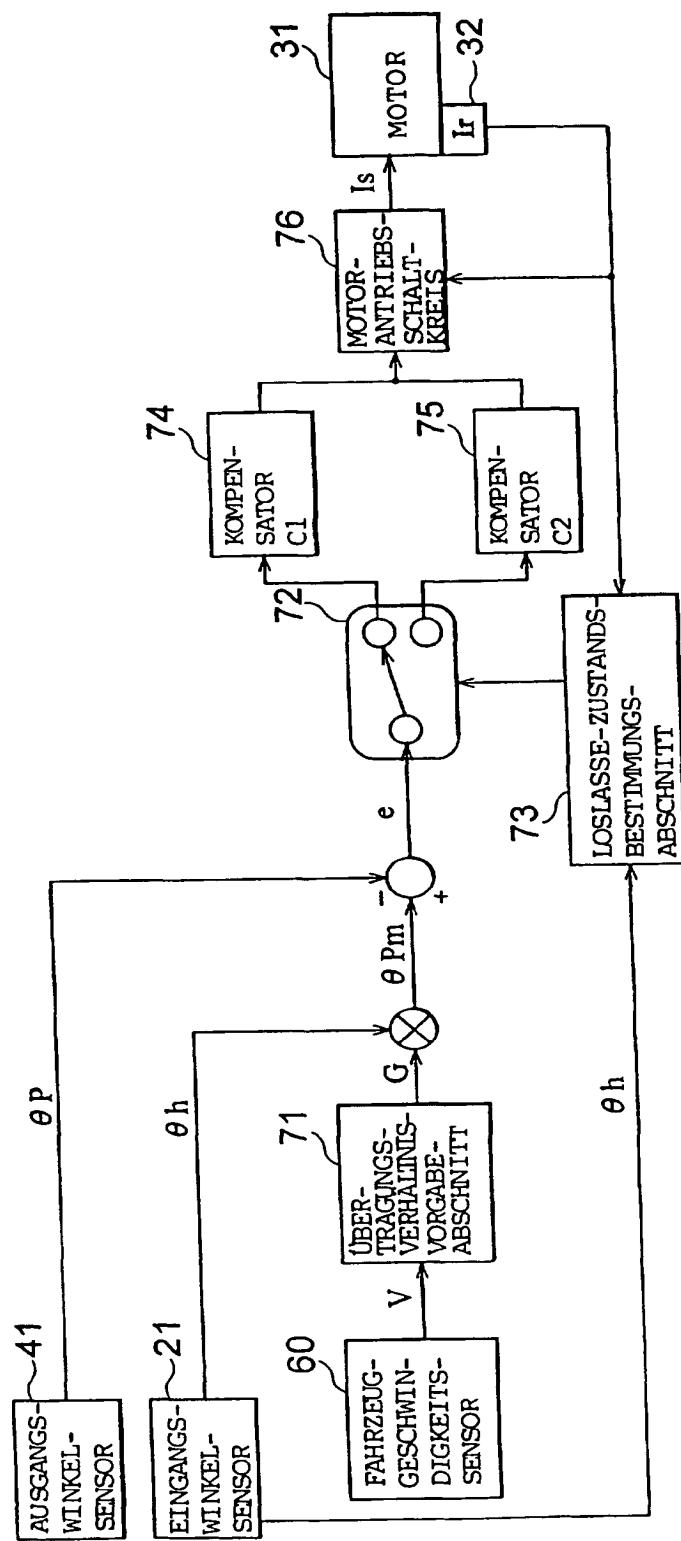
60

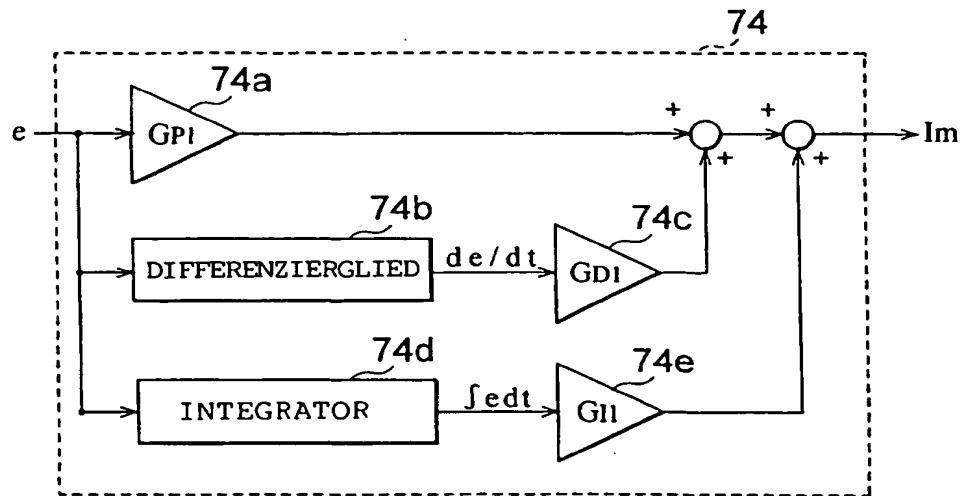
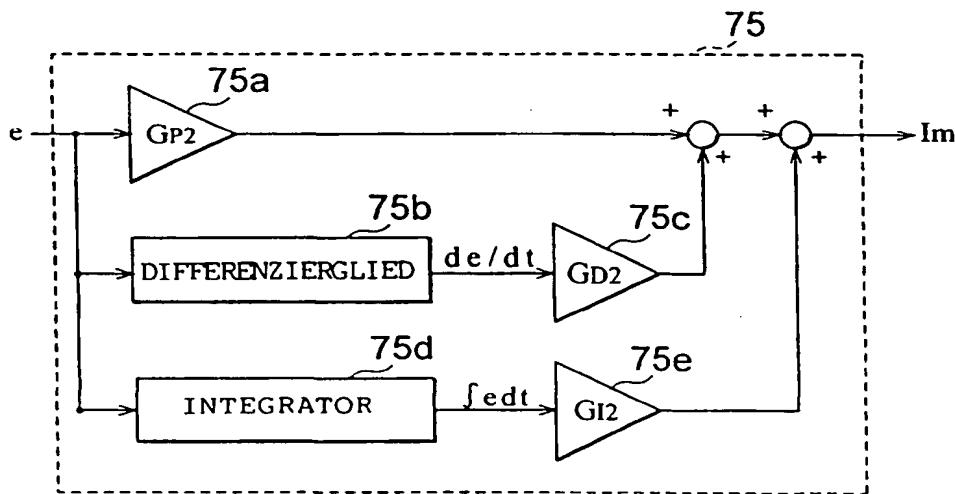
65

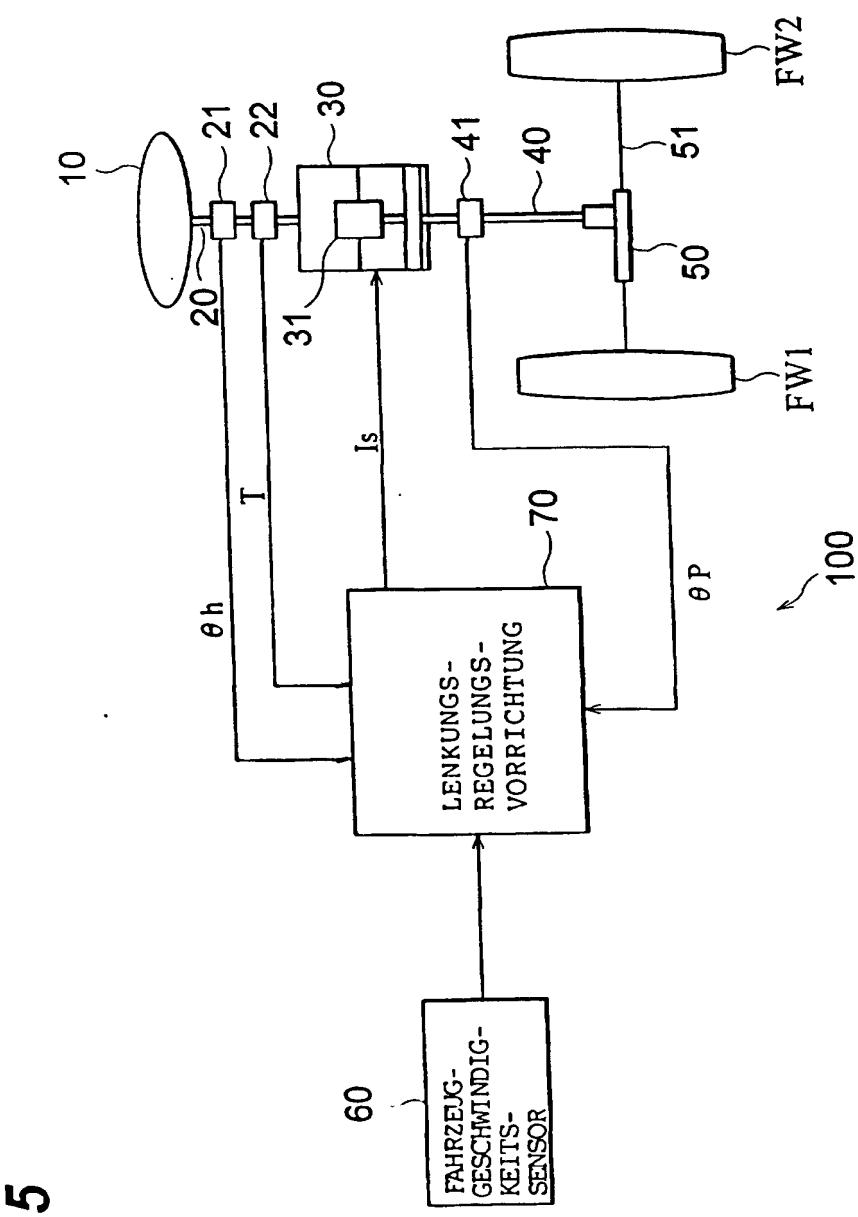


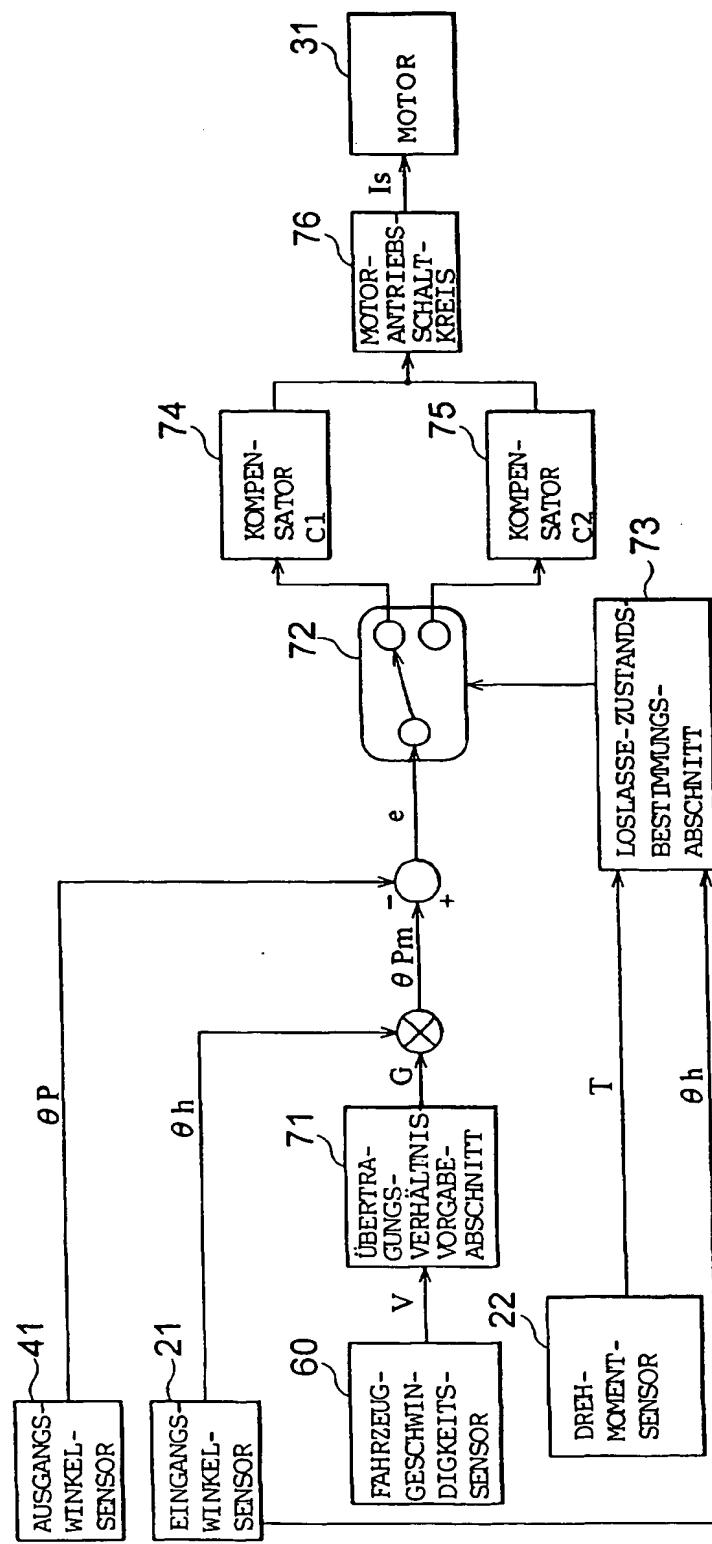
**Fig. 1**

Fig. 2



**Fig.3****Fig.4**





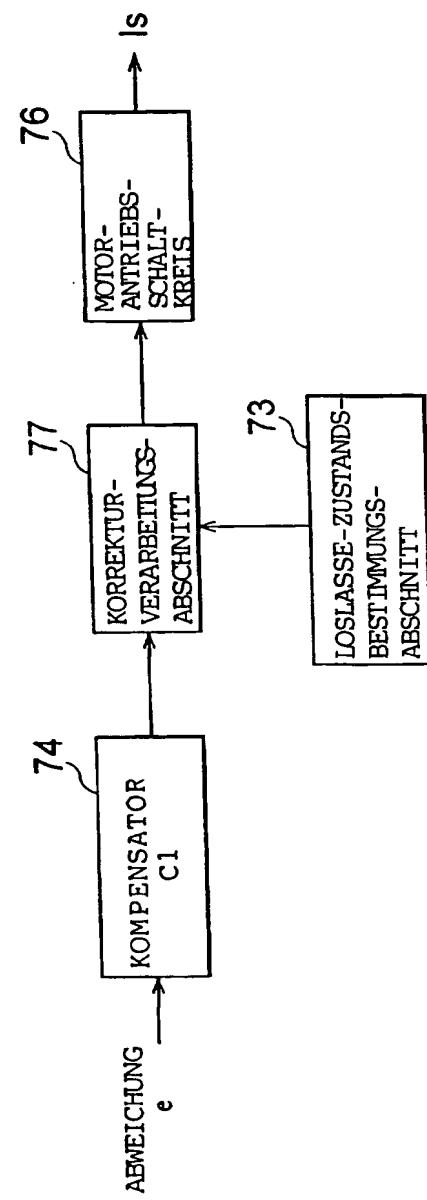


Fig.7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**